ГУАП

Кафедра № 3

Отчет

Защищен с оценкой

Преподаватель

доцент, к.ф-м.н, доцент	28.02.2018	Ю.М. Царев
должность, уч. степень, звание	подпись, дата	инициалы, фамилия

Отчет о лабораторной работе № 2

„Машина Атвуда"

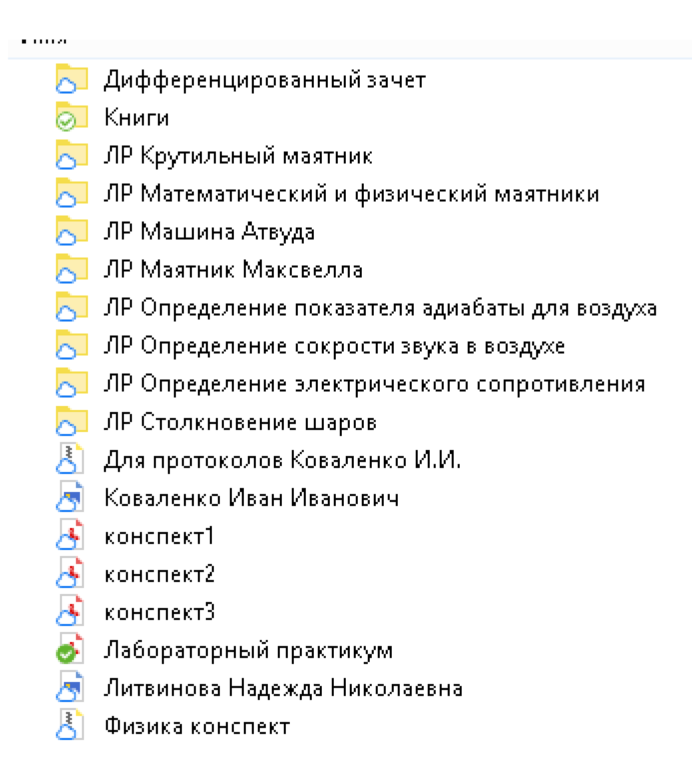
по курсу: Общая физика

Работу выполнила

Студентка гр.

Санкт-Петербург

2018



СКАЧАТЬ https://yadi.sk/d/RqO8HPxTfh0z_w
СКАЧАТЬ https://archive.org/details/@guap4736_vkclub152685050



vk.com/club152685050
vk.com/id446425943

Лабораторная работа № 2
„Машина Атвуда"
Протокол измерений

Студент группы

Преподаватель

Царев Ю. М

Параметры приборов

Название прибора	Предел измерений	Цена деления	Класс точности	Систематическая погрешность
Секундомер	1 мс	99,999 с	–	0,001 с
Линейка	0,1 см	50 см	–	2 мм

$S_1 = 13$ см

Таблица 1

N	1			2			3			4			5		
S_2, см	21			22			23			24			25		
t_1, с	0,634	0,621	0,625	0,666	0,650	0,662	0,683	0,682	0,681	0,728	0,709	0,725	0,730	0,827	0,808

Таблица 2

$S_1 = 18$ см

N	1			2			3			4			5		
S_2, см	19			18			17			16			15		
t_2, с	0,427	0,428	0,421	0,434	0,431	0,432	0,446	0,454	0,449	0,462	0,466	0,461	0,483	0,479	0,485

$m_1 = 60,4$ г. $m_2 = 8$ г

Дата 21.02.2018

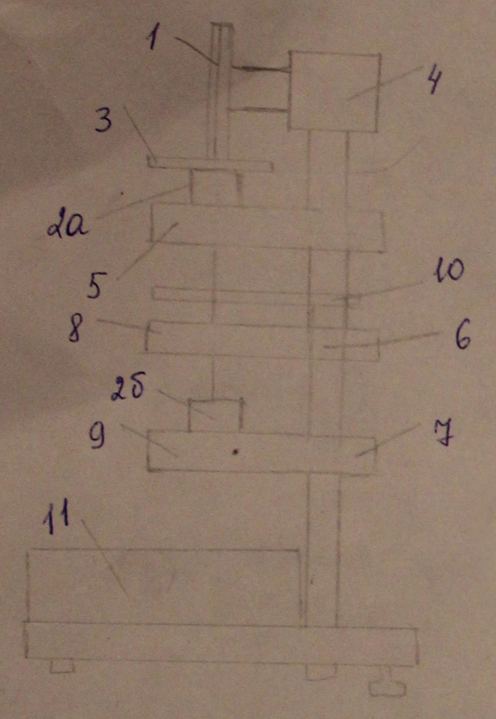
Подпись студента

Подпись преподавателя

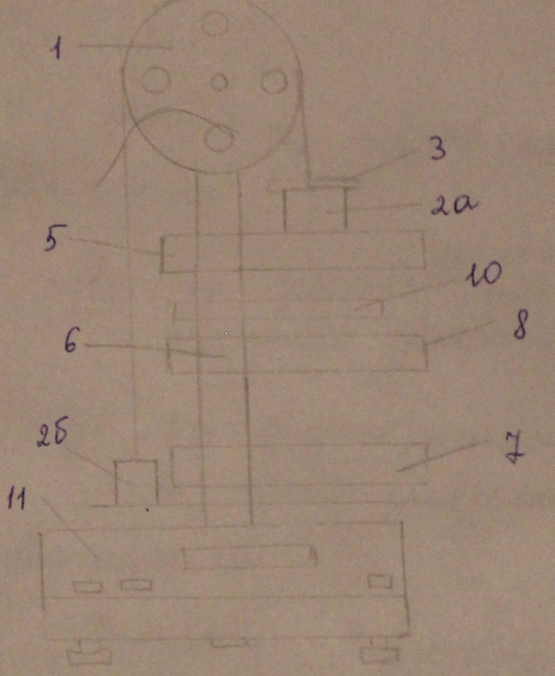
① Цель работы:
Исследование равномерного и равноускоренного прямолинейного движения.

② Описание лабораторной установки

а) вид установки сбоку



б) вид установки спереди



1 - блок 1, через который проходит нить с большими грузами 2а и 2б; 3 - дополнительный небольшой грузик-кольцо; 4 - электромагнит; 5,6,7 - три подвижных кронштейна; 8,9 - фотоэлектрические датчики; 10 - дополнительная полочка; 11 - лицевая панель установки.

Параметры установки.

Таблица 2.1.

Прибор	Цена деления	Предел измерений	Систематическая погрешность
Секундомер	1 мс	99,999с	0,001 с
Линейка	0,1см	50 см	2 мм

5. Примеры вычислений.

По формуле (2) скорость при равномерном движении

$$V = \frac{0,21}{0,634} = 0,331 \left(\frac{м}{с}\right)$$

По формуле (1) - ускорение при равномерном движении

$$a = \frac{0,21^2}{2 \cdot 0,13 \cdot 0,634} = 0,268 \left(\frac{м}{с^2}\right)$$

По формуле (2) скорость при равноускоренном движении

$$V = \frac{0,19}{0,427} = 0,445 \left(\frac{м}{с}\right)$$

По формуле (1) ускорение при равноускоренном движении

$$a = \frac{0,19^2}{2 \cdot 0,427 \cdot 0,18} = 0,235 \left(\frac{м}{с^2}\right)$$

6. Вычисление погрешностей.

6.1 Вывод формул систематической погрешности.

$$\Theta_f = \left|\frac{\partial f}{\partial x_1}\right| \cdot \Theta_{x_1} + \left|\frac{\partial f}{\partial x_2}\right| \cdot \Theta_{x_2} + \left|\frac{\partial f}{\partial x_3}\right| \cdot \Theta_{x_3} \ldots$$

$$\Theta_f = |f'_{x_1}| \cdot \Theta_{x_1} + |f'_{x_2}| \cdot \Theta_{x_2} + |f'_{x_3}| \cdot \Theta_3 \ldots$$

$$\Theta_V = V\left(\frac{\Theta_{S_2}}{S_2} + \frac{\Theta_t}{t}\right); \quad \Theta_a = a\left(\frac{\Theta_{S_1}}{S_1} + \frac{2\Theta_{S_2}}{S_2} + \frac{2\Theta_t}{t}\right),$$

где $\frac{\partial f}{\partial x_i}$ - частные производные ф-ии $f(x_1; x_2, x_3 \ldots)$ по соответствующей переменной x_i; $\Theta_{x_1}, \Theta_{x_2}; \Theta_{x_3} \ldots$ - систематическ погрешности прямых измерений; f'_{x_i} - частная производная ф-ии $f(x_1, x_2, x_3 \ldots)$ по соответствующей переменной x_i; Θ_f - систематическая погрешность косвенного измерения.

Вычисление погрешностей по выведенным формулам:

6.1.1 Вычисление погрешностей

$$\Theta_{V_1} = V_1\left(\frac{\Theta_{S_2}}{S_2} + \frac{\Theta_t}{t_1}\right) = 0,331 \cdot \left(\frac{0,002}{0,21} + \frac{0,001}{0,634}\right) = 0,0037 = \left(\frac{м}{с}\right) = 0,004 \frac{м}{с}$$

$$\Theta_{V_{15}} = V_{15}\left(\frac{\Theta_{S_2}}{S_2} + \frac{\Theta_t}{t_{15}}\right) = 0,309 \left(\frac{0,002}{0,25} + \frac{0,001}{0,808}\right) = 0,0029 \left(\frac{м}{с}\right) \approx 0,003 \frac{м}{с}$$

$$\Theta_{a_1} = a_1\left(\frac{\Theta_{S_1}}{S_1} + \frac{2\Theta_{S_2}}{S_2} + \frac{2\Theta_t}{t}\right) = 0,267 \cdot \left(\frac{0,002}{0,13} + \frac{2 \cdot 0,002}{0,21} + \frac{2 \cdot 0,001}{0,634}\right) = 0,0160 \left(\frac{м}{с^2}\right)$$

$\Theta_{a_{17}} = a_{15}\left(\frac{\Theta_{s_1}}{S_1} + \frac{2\cdot\Theta_{s_2}}{S_2} + \frac{2\Theta_t}{t}\right) = 0{,}297\cdot\left(\frac{0{,}002}{0{,}13} + \frac{2\cdot 0{,}002}{0{,}25} + \frac{2\cdot 0{,}001}{0{,}827}\right) = 0{,}012\ (\frac{м}{с})$

Данные вычисления были найдены для равномерного движения, где Θ_{s_1}, Θ_{s_2}, Θ_t, даны в условии и равны:

$\Theta_{s_1} = \Theta_{s_2} = 0{,}002\,м$

$\Theta_t = 0{,}001\,с$

$\Theta_{v_1} = v_1\left(\frac{\Theta_{s_2}}{S_2} + \frac{\Theta_t}{t_1}\right) = 0{,}445\cdot\left(\frac{0{,}002}{0{,}19} + \frac{0{,}001}{0{,}427}\right) = 0{,}0057\ (\frac{м}{с}) = 0{,}006\ \frac{м}{с}$

$\Theta_{v_{15}} = 0{,}309\left(\frac{0{,}002}{0{,}15} + \frac{0{,}001}{0{,}485}\right) = 0{,}0047\ (\frac{м}{с}) = 0{,}005\ (\frac{м}{с})$

$\Theta_{a_1} = 0{,}235\left(\frac{0{,}002}{0{,}18} + \frac{2\cdot 0{,}002}{0{,}19} + \frac{2\cdot 0{,}001}{0{,}427}\right) = 0{,}02026543 \approx 0{,}020\ (\frac{м}{с^2})$

$\Theta_{a_{15}} = 0{,}129\left(\frac{0{,}002}{0{,}18} + \frac{2\cdot 0{,}002}{0{,}15} + \frac{2\cdot 0{,}001}{0{,}485}\right) = 0{,}01112873 \approx 0{,}011\ (\frac{м}{с^2})$

Данные вычисления были найдены для равноускоренного движения, где $\Theta_{s_1} = \Theta_{s_2} = 0{,}002(м)$; $\Theta_t = 0{,}001(с)$

(6.2) Для вычисления квадратичной погрешности и для среднего квадратичного отклонения понадобятся значения $v_{ср}$ и $a_{ср}$ (среднее значение скорости и ускорения).

По формуле (3),(4) найдем средние значения для равномерного движения

$$v_{ср} = \frac{(0{,}331 + 0{,}338 + 0{,}336 + 0{,}330 + 0{,}352 + 0{,}332 + 0{,}337 + 0{,}337 + 0{,}338 + 0{,}330 + 0{,}338 + 0{,}331 + 0{,}324 + 0{,}302 + 0{,}309)}{15} = 0{,}334\ (\frac{м}{с})$$

$$a_{ср} = \frac{(0{,}267 + 0{,}273 + 0{,}271 + 0{,}280 + 0{,}286 + 0{,}281 + 0{,}298 + 0{,}298 + 0{,}299 + 0{,}304 + 0{,}312 + 0{,}305 + 0{,}329 + 0{,}290 + 0{,}297)}{15} = 0{,}\overset{43}{\cancel{239}}\ (\frac{м}{с^2})$$

По формуле (3),(4) найдем средние значения для равноускоренного движения

$$v_{ср} = \frac{(0{,}445 + 0{,}444 + 0{,}451 + 0{,}415 + 0{,}427 + 0{,}417 + 0{,}381 + 0{,}374 + 0{,}379 + 0{,}346 + 0{,}343 + 0{,}347 + 0{,}310 + 0{,}313 + 0{,}309)}{15} = 0{,}380\ (\frac{м}{с})$$

$$a_{ср} = \frac{(0{,}235 + 0{,}234 + 0{,}238 + 0{,}207 + 0{,}209 + 0{,}208 + 0{,}18 + 0{,}177 + 0{,}179 + 0{,}154 + 0{,}152 + 0{,}154 + 0{,}129 + 0{,}13 + 0{,}129)}{15} = 0{,}181\ (\frac{м}{с^2})$$

6.3 Средняя квадратичная погрешность отдельного измерения

$$S_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(v_i - v_{cp})^2}{N-1}}; \qquad S_a = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(a_i - a_{cp})^2}{N-1}},$$

где N – кол-во измерений;

6.3.1 Для таблицы 4.1

Скорость груза

$$S_v = \sqrt{\frac{(0{,}331-0{,}331)^2+(0{,}338-0{,}331)^2+(0{,}336-0{,}331)^2+(0{,}330-0{,}331)^2+}{14}}$$

$$+\frac{(0{,}352-0{,}331)^2+(0{,}332-0{,}331)^2+(0{,}337-0{,}331)^2+(0{,}337-0{,}331)^2+}{14}$$

$$+\frac{(0{,}338-0{,}331)^2+(0{,}330-0{,}331)^2+(0{,}338-0{,}331)^2+(0{,}331-0{,}331)^2+}{14}$$

$$+\frac{(0{,}324-0{,}331)^2+(0{,}302-0{,}331)^2+(0{,}309-0{,}331)^2}{14} = \sqrt{\frac{0{,}006418}{14}} = 0{,}015\ \left(\frac{м}{c}\right)$$

Ускорение груза

$$S_a = \sqrt{\frac{(0{,}267-0{,}231)^2+(0{,}273-0{,}231)^2+(0{,}271-0{,}231)^2+(0{,}280-0{,}231)^2+}{14}}$$

$$+\frac{(0{,}286-0{,}231)^2+(0{,}281-0{,}231)^2+(0{,}298-0{,}231)^2+(0{,}298-0{,}231)^2+}{14}$$

$$+\frac{(0{,}299-0{,}231)^2+(0{,}304-0{,}231)^2+(0{,}312-0{,}231)^2+(0{,}305-0{,}231)^2+}{14}$$

$$+\frac{(0{,}329-0{,}231)^2+(0{,}290-0{,}231)^2+(0{,}297-0{,}231)^2}{14} = \sqrt{\frac{0{,}014868}{14}} = 0{,}03909\left(\frac{м}{c^2}\right)$$

6.3.2 Для таблицы 4.2.

Скорость груза

$$S_v = \sqrt{\frac{(0{,}445-0{,}380)^2+(0{,}444-0{,}380)^2+(0{,}451-0{,}380)^2+(0{,}415-0{,}380)^2+(0{,}427-0{,}380)^2+}{14}}$$

$$+\frac{(0{,}417-0{,}380)^2+(0{,}381-0{,}380)^2+(0{,}374-0{,}380)^2+(0{,}379-0{,}380)^2+(0{,}346-0{,}380)^2+}{14}$$

$$+\frac{(0{,}343-0{,}380)^2+(0{,}347-0{,}380)^2+(0{,}310-0{,}380)^2+(0{,}313-0{,}380)^2+(0{,}309-0{,}380)^2}{14}$$

$$= \sqrt{\frac{0{,}036247}{14}} = 0{,}0[illegible]56\ \left(\frac{м}{c}\right) \approx 0{,}05\ \frac{м}{c}$$

Ускорение груза:

$$S_a = \sqrt{\frac{(0{,}235-0{,}181)^2+(0{,}234-0{,}181)^2+(0{,}238-0{,}181)^2+(0{,}207-0{,}181)^2+}{14}}$$

$$\frac{+(0{,}209-0{,}181)^2+(0{,}208-0{,}181)^2+(0{,}180-0{,}181)^2+(0{,}177-0{,}181)^2+}{14}$$

$$\frac{+(0{,}179-0{,}181)^2+(0{,}154-0{,}181)^2+(0{,}152-0{,}181)^2+(0{,}154-0{,}181)+}{14}$$

$$\frac{+(0{,}129-0{,}181)^2+(0{,}130-0{,}181)^2+(0{,}129-0{,}181)^2}{14} = \sqrt{\frac{0{,}021492}{14}} = 0{,}0392\left(\frac{м}{с^2}\right) \approx 0{,}09\left(\frac{м}{с^2}\right)$$

(6.4) Среднее квадратичное отклонение.

$$S_{v_{ср}} = \sqrt{\frac{(v_1-v_{ср})^2+(v_2-v_{ср})^2+\ldots+(v_N-v_{ср})^2}{(N-1)\cdot N}} = \frac{S_v}{\sqrt{N}}$$

$$S_{a_{ср}} = \sqrt{\frac{(a_1-a_{ср})^2+(a_2-a_{ср})^2+\ldots+(a_N-a_{ср})^2}{(N-1)N}} = \frac{S_a}{\sqrt{N}}$$

(6.4.1) Для таблицы 4.1.

S_v Θ_v $S_{ср}$ Θ_v

$$S_{v_{ср}} = \frac{S_v}{\sqrt{N}} = \frac{0{,}015}{\sqrt{15}} = 0{,}004\left(\frac{м}{с}\right)$$

$$S_{a_{ср}} = \frac{S_a}{\sqrt{N}} = \frac{0{,}039}{\sqrt{15}} = 0{,}010\left(\frac{м}{с^2}\right)$$

Для таблицы 4.2

$$S_{v_{ср}} = \frac{S_v}{\sqrt{N}} = \frac{0{,}05}{\sqrt{15}} = 0{,}013\left(\frac{м}{с}\right)$$

$$S_{a_{ср}} = \frac{S_a}{\sqrt{N}} = \frac{0{,}09}{\sqrt{15}} = 0{,}023\left(\frac{м}{с^2}\right)$$

В данной работе проводится измерение: скорости и ускорения, проверяем неравенства: $S_{v_i} \le \Theta_v$; $S_{v_{ср}} < \Theta_v$; $S_a \le \Theta_a$; $S_{a_{ср}} < \Theta_a$

Для таблицы 4.1.

$0{,}015 > 0{,}003$, т.е $S_v > \Theta_v$

$0{,}004 \approx 0{,}003$, т.е $S_{v_{ср}} \approx \Theta_v$

$0{,}04 > 0{,}012$, т.е $S_a > \Theta_a$

$0{,}010 < 0{,}012$, т.е $S_{a_{ср}} < \Theta_a$

Для таблицы 4.2

$0{,}05 > 0{,}005$, т.е $S_v > \Theta_v$

$0{,}013 > 0{,}005$, т.е $S_{v_{ср}} > \Theta_v$

$0{,}09 > 0{,}011$, т.е $S_a > \Theta_a$

$0{,}023 > 0{,}011$, т.е $S_{a_{ср}} > \Theta_a$

Данные неравенства говорят о том, что либо допущены незначительные промахи в измерениях; либо они возникли из-за влияния измерительных приборов на процесс измерения.

6.5 Полная погрешность

В случае проведения технических испытаний имеют дело со случайными по природе величинами, происходит разброс измеряемых параметров по различным причинам, тогда случайная погрешность серии измерений и систематическую погрешность связанную с несовершенством измерительных приборов объединяют в полную погрешность:

$$\Delta \bar{v} = \Theta_v + k \cdot S_{\bar{v}_{ср}}, \text{ где}$$

k – коэффициент Стьюдента, для n 10 равный 2,3

$\Delta \bar{v}$ – полная погрешность измерений.

Тогда, для равномерного движения:

$\Delta \bar{v} = \Theta_{v_{ср}} + k \cdot S_{v_{ср}} = 0{,}003 + 2{,}3 \cdot 0{,}004 = 0{,}0122 \approx 0{,}012 \left(\frac{м}{с}\right)$

$\Delta \bar{a} = \Theta_{a_{ср}} + k \cdot S_{a_{ср}} = 0{,}012 + 2{,}3 \cdot 0{,}010 = 0{,}035 \approx 0{,}04 \left(\frac{м}{с^2}\right)$

Для равноускоренного движения.

$\Delta \bar{v} = \Theta_{v_{ср}} + k \cdot S_{v_{ср}} = 0{,}005 + 2{,}3 \cdot 0{,}013 = 0{,}0349 \approx 0{,}04 \left(\frac{м}{с}\right)$

$\Delta \bar{a} = \Theta_{a_{ср}} + k \cdot S_{a_{ср}} = 0{,}011 + 2{,}3 \cdot 0{,}023 = 0{,}011 + 0{,}0529 \approx 0{,}0639 \approx 0{,}07 \left(\frac{м}{с^2}\right)$

На графике 7.1. для равномерного движения через (крестики) удалось провести прямую, сильное отклонение имеет лишь одна, а число выше и ниже прямой совпадает, значит экспериментальные данные подтверждают теоретическую зависимость; А так же в следствии опытов каждое изменение величины приемлемо.

На графике 7.2 для равноускоренного движения через (палочки) удалось провести прямую, сильных отклонений нет, а чисел выше и ниже прямой примерно одинаково. Экспериментальные данные подтверждают теоретическую зависимость.

⑦ Графическое изображение результатов

Рис 7.1 Зависимость равномерного движения

Рис 7.2 Зависимость равноускоренного движения

④ Продолжение таблиц

Таблица 4.1

Θ_v м/с	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,003	0,004	0,003	0,003	0,003	0,003
Θ_a м/с²	0,016	0,017	0,017	0,016	0,016	0,016	0,016	0,019	0,016	0,014	0,015	0,015	0,016	0,017	0,013

$v_{ср}$ =

$a_{ср}$ =

Таблица 4.2

Θ_v м/с	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
Θ_a м/с²	0,020	0,020	0,021	0,018	0,018	0,019	0,016	0,015	0,016	0,014	0,013	0,014	0,011	0,012	0,011

$v_{ср}$ =

$a_{ср}$ =

⑧ Вывод:

- Ознакомилась с методикой исследования равномерного и равноускоренного движения
- Скорость грузов при равномерном движении $v = (0,334 \pm 0,012)$ м/с с вероятностью $P = 95\%$
- Скорость грузов при равноускоренном движении $v = (0,38 \pm 0,04)$ м/с с вероятностью $P = 95\%$
- Ускорение грузов при равномерном движении $a = (0,43 \pm 0,04)$ с вероятностью $P = 95\%$
- Ускорение грузов при равноускоренном движении $a = 1,18 \pm 0,04$ с вероятностью $P = 95\%$.
- Из проведенных опытов, видно, что не каждая скорость из таблицы 4.1 отличается от $v_{ср}$, или из таблицы 4.2 от $v_{ср2}$ меньше чем на Θ_v или на Θ_{v_2}; это значит, что скорость зависит от измеряемых величин. Такая же ситуация с ускорением
- Экспериментальные данные подтверждают теоретическую зависимость, что видно из графиков для равноускоренного и равномерного движения.

Лабораторная работа № 2

МАШИНА АТВУДА

Цель работы: исследование равномерного и равноускоренного прямолинейного движения.

Теоретические сведения

Положение материальной точки в произвольный момент времени t однозначно задается при помощи радиуса-вектора $\vec{r}$, соединяющего начало координат с движущейся точкой. Скорость $\vec{\upsilon}$ точки в момент времени t равна производной по времени от радиуса-вектора:

$$\vec{\upsilon} = \frac{d\vec{r}}{dt}. \qquad (2.1)$$

Ускорение материальной точки $\vec{a}$ определяется как производная по времени от скорости:

$$\vec{a} = \frac{d\vec{\upsilon}}{dt}. \qquad (2.2)$$

Если известен закон, по которому изменяется ускорение $\vec{a}(t)$, и задана скорость материальной точки в начальный момент времени, то можно найти скорость материальной точки в любой момент времени t:

$$\vec{\upsilon} = \vec{\upsilon}_0 + \int_0^t \vec{a}(t)dt. \qquad (2.3)$$

Перемещение $\Delta\vec{r}$ материальной точки к моменту времени t можно найти, если известен закон, по которому изменяется скорость $\vec{\upsilon}(t)$:

$$\Delta\vec{r} = \int_0^t \vec{\upsilon}(t)dt. \qquad (2.4)$$

Из написанных формул можно получить формулы для скоростей и перемещений в ряде конкретных случаев. Остановимся на одном из них, на случае прямолинейного равноускоренного дви-

жения с нулевой начальной скоростью вдоль вертикальной оси. В этом случае формулы (2.3) и (2.4) могут быть переписаны в виде:

$$\upsilon = at, \tag{2.5}$$

$$S = 0,5at^2. \tag{2.6}$$

Скорость, которую приобретет тело, прошедшее путь S с ускорением a и нулевой начальной скоростью, можно найти по формуле:

$$\upsilon = \sqrt{2aS}. \tag{2.7}$$

Рассмотрим систему из двух одинаковых грузов массой M каждый (рис. 2.1). Грузы соединены нерастяжимой, невесомой нитью, перекинутой через блок. Массой блока и трением при его вращении пренебрежем. К одному из грузов добавим малую массу m. Система грузов начнет движение с ускорением. Если же в некоторый момент времени t_1 дополнительный груз m отделится от системы, то движение грузов станет равномерным со скоростью

$$\upsilon = \sqrt{2aS_1}, \tag{2.7a}$$

где S_1 – путь пройденный телами за время t_1 равноускоренного движения.

За время t_2 равномерного движения грузы переместятся на расстояние

$$S_2 = \upsilon t_2 = \sqrt{2aS_1} \cdot t_2.$$

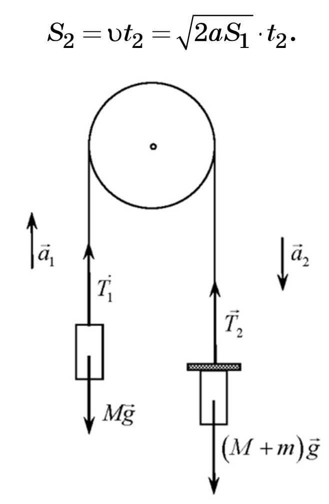


Рис. 2.1. Система грузов на блоке

Ускорение грузов выражается через пути равноускоренного S_1 и равномерного S_2 движения и через время равномерного движения t_2

$$a = \frac{S_2^2}{2S_1 t_2^2}. \tag{2.8}$$

Найдем ту же величину из решения динамической задачи. Запишем второй закон Ньютона для системы двух тел массами M и M+m.

$$\begin{cases} M\vec{a}_1 = \vec{T}_1 + M\vec{g}, \\ (M+m)\vec{a}_2 = \vec{T}_2 + (M+m)\vec{g}. \end{cases} \tag{2.9}$$

Спроектируем все векторы в этих уравнениях на вертикальное направление. Учитывая, что $T_1 = T_2 = T$ и $a_1 = a_2 = a$,

$$\begin{cases} Ma = T - Mg, \\ -(M+m)a = T - (M+m)g. \end{cases}$$

Вычитаем из первого уравнения второе и получаем:

$$(M + M + m)a = (-M + M + m)g; \quad (2M + m)a = mg.$$

Таким образом, ускорение системы грузов будет равно:

$$a = \frac{mg}{2M+m}. \tag{2.10}$$

Подставляя это выражение в (2.7а) получим скорость, с которой заканчивается равноускоренное движение и начинается равномерное:

$$\upsilon = \sqrt{\frac{mgS_1}{2M+m}}. \tag{2.11}$$

Лабораторная установка

Внешний вид лабораторной установки приведен на рис. 2.2. На вертикальной стойке закреплен блок 1, через который проходит нить с большими грузами 2*а* и 2*б*. На правый груз 2*а* сверху может помещаться дополнительный небольшой грузик кольцо 3. Электромагнит 4 фиксирует начальное положение грузов при помощи

фрикционной муфты. На вертикальной стойке находятся три подвижных кронштейна 5, 6 и 7. Верхний кронштейн 5 имеет риску, по которой устанавливается низ большого груза. Для измерения расстояний на стойке нанесена миллиметровая шкала. Средний 6 и нижний 7 кронштейны снабжены фотоэлектрическими датчиками 8 и 9. Когда нижний край груза $2a$ пересекает оптическую ось верхнего фотодатчика 8, включается секундомер. Выключается он в тот момент, когда нижний край того же груза пересекает оптическую ось фотодатчика 9. Дополнительная полочка 10 на среднем кронштейне 6 снимает дополнительный грузик 3 с груза $2a$ в тот момент, когда последний пересекает оптическую ось датчика 8.

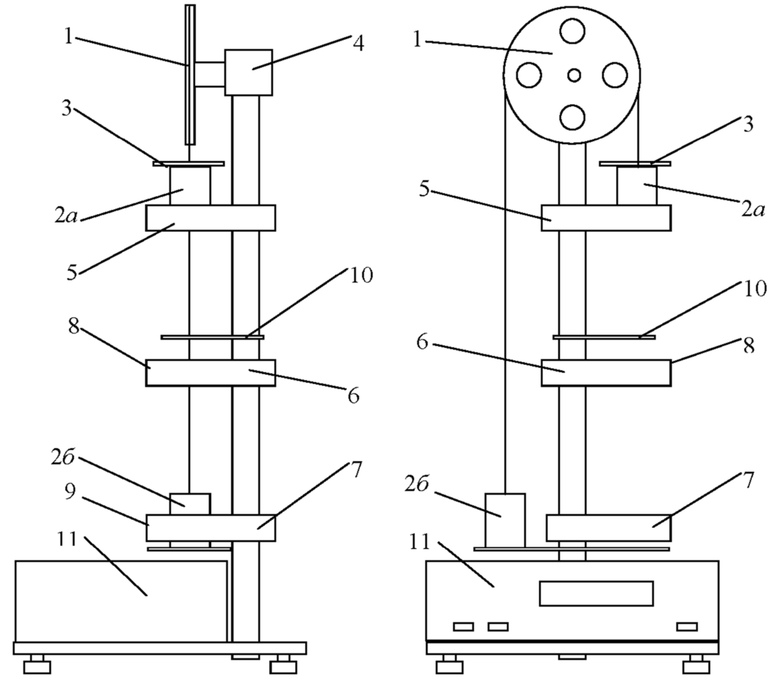


Рис. 2.2. Внешний вид лабораторной установки

На лицевой панели установки 11 имеются клавиши “Сеть”, “Пуск” и “Сброс”. Для проведения измерений нужно включить установку кнопкой “Сеть”, установить необходимые длины S_1

и S_2, зафиксировать начальное положение грузов 2*а*, 2*б* и установить груз 3. С нажатием кнопки "Пуск" грузы приходят в движение, поочередно срабатывают фотодатчики 8 и 9, на табло высвечивается время t_2. Нажатие кнопки "Сброс" обнуляет показания секундомера и приводит установку в режим готовности к следующему измерению.

Задания и порядок их выполнения

Перед выполнением лабораторной работы нужно ознакомиться с назначением кнопок, получить от преподавателя набор грузов и установить заданные пути равномерного и равноускоренного движений.

До начала измерений нужно установить стойку строго вертикально, чтобы грузы при своем движении не задевали средний и нижний кронштейны. Нужно убедиться, что в крайнем верхнем положении левого груза правый груз пересекает оптическую ось нижнего датчика.

Нужно проверить, одинаковые ли массы у грузов, полученных от преподавателя. Для этого грузы нужно повесить на блок, нажать кнопку «Сброс» и проверить, будут ли они в равновесии.

Необходимо обратить особое внимание на то, чтобы нижний край правого груза в верхнем положении находился точно на уровне риски, нанесенной на верхнем кронштейне.

Систематические погрешности обоих путей считать $\theta_S = 2$ мм, систематическую погрешность измеренного времени принять $\theta_t = 0{,}001$ с.

Задание 1. Стандартный опыт.

Установить необходимые длины S_1 и S_2. Правый груз зафиксировать на уровне риски, нанесенной на верхнем кронштейне. Нажать кнопку "Пуск" и после остановки груза перенести в протокол измерений время равномерного движения – t_2.

Задание 2. Изучение равномерного движения.

Необходимо убедиться, что вторую часть своего пути правый груз проходит с постоянной скоростью. Для этого нужно изучить зависимость пути S_2 от времени t_2. Если скорость груза постоянна, то эта зависимость на графике будет представлять собой прямую, проходящую через начало координат.

Нужно сделать не менее пяти измерений времени t_2 при неизменном расстоянии S_1 и различных S_2. В этом опыте следует *перемещать лишь нижний кронштейн* 7, оставляя два других неподвижными. В отчете нужно привести график зависимости $S_2(t_2)$ (см. рис. 2.3) дать заключение о том, является движение груза равномерным или нет, и найти скорость груза.

Задание 3. Изучение равноускоренного движения.

Необходимо убедиться, что первую часть своего пути грузы проходят с постоянным ускорением. Для этого нужно построить зависимость $(t_2)^{-2}$ от S_1 при неизменном пути S_2. Как следует из (2.8),

$$(t_2)^{-2} = 2a(S_2)^{-2} S_1. \tag{2.12}$$

Следовательно, изучаемая зависимость должна быть линейной и проходить через начало координат.

Нужно сделать не менее пяти измерений времени t_2 при неизменном расстоянии S_2 и различных S_1. При этих измерениях должен перемещаться верхний кронштейн5 , а средний 6 и нижний 7 кронштейны должны оставаться неподвижными. В отчете нужно привести график зависимости $(t_2)^{-2}$ от S_1 (см. рис. 2.4) и дать заключение о том, является движение груза равноускоренным или нет.

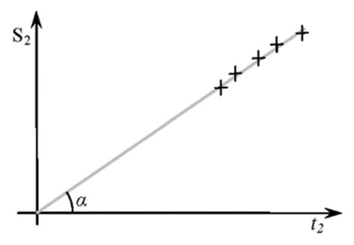


Рис. 2.3. Изучение равномерного движения

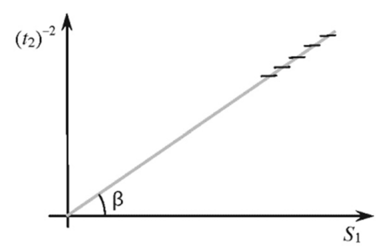


Рис. 2.4. Изучение равноускоренного движения

К следующим заданиям можно приступать лишь в случае, если установлено, что движение на участке S_1 является равноускоренным, а на участке S_2 – равномерным.

Задание 4. Определение ускорения грузов.

Ускорение можно найти двумя методами: статистической обработкой или графически. Следует воспользоваться тем методом, который укажет преподаватель.

При статистической обработке ускорения грузов рассчитать по формуле (2.8) для всех данных, полученных в заданиях 2 и 3.

При графической обработке зависимости $(t_2)^{-2}$ от S_1 сначала находится тангенс угла наклона прямой, а затем ускорение грузов:

$$a = 0,5S_2^2 \mathrm{tg}\beta. \tag{2.13}$$

При любом методе обработки нужно найти среднее значение ускорения, его случайную, систематическую и полную погрешности (см. пример 7 во вводной части настоящего пособия).

По формуле (2.10) нужно теоретически рассчитать ускорение, сравнить полученное значение с экспериментальным и дать аргументированное заключение о совпадении или несовпадении экспериментального и расчетного значений. В случае необходимости выдвинуть предположения о причинах наблюдающихся расхождений.

Задание 5. Определение скорости грузов.

Скорость грузов можно найти двумя методами: статистической обработкой или графически. Следует воспользоваться тем методом, который укажет преподаватель.

При статистической обработке для всех данных, полученных в задании 2, найти скорость равномерного движения грузов на участке пути S_2 по формуле

$$\upsilon = S_2/t_2. \tag{2.14}$$

Графически среднюю скорость можно найти по тангенсу угла α наклона прямой $S_2(t_2)$

$$\upsilon = \mathrm{tg}\alpha. \tag{2.15}$$

При любом способе обработки необходимо найти среднее значение скорости, ее случайную, систематическую и полную погрешности.

По формуле (2.11) нужно теоретически рассчитать скорость, сравнить полученное значение с экспериментальным и дать аргументированное заключение о совпадении или несовпадении экспериментального и расчетного значений. В случае необходимости выдвинуть предположения о причинах наблюдающихся расхождений.

Все определяемые в настоящей работе величины являются неслучайными по своей природе. Случайные ошибки, возникающие при их измерениях, связаны с влиянием измерительных приборов на процесс измерения.

Контрольные вопросы

1. Что называется материальной точкой и что – абсолютно твердым телом?

2. Какое движение абсолютно твердого тела называется поступательным?

3. Как описывается движение материальной точки?

4. Чем отличается перемещение от пути?

5. Что называется средней и мгновенной скоростью?

6. Какое движение материальной точки называется равномерным и какое – равноускоренным?

7. Как изменится формула (2.10), если при ее выводе не пренебрегать силами трения оси блока?

8. Как изменится формула (2.10), если при ее выводе не пренебрегать моментом инерции блока?

9. Каким образом можно экспериментально убедиться в том, что движение грузов на втором участке пути равномерное?

10. Каким образом можно экспериментально убедиться в том, что движение грузов на первом участке пути равноускоренное?